

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/003006

International filing date: 24 February 2005 (24.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-055250  
Filing date: 27 February 2004 (27.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

08. 3. 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2004年 2月27日

出願番号  
Application Number: 特願2004-055250

パリ条約による外国への出願  
に用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号

The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

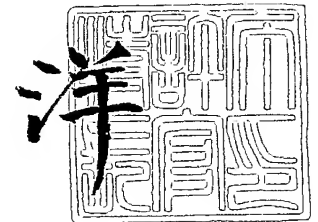
JP2004-055250

出願人  
Applicant(s): 富士電機システムズ株式会社

2005年 4月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 04P00094  
【提出日】 平成16年 2月27日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01F 1/66  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県横須賀市長坂二丁目 2 番 1 号 富士電機アドバンステクノロジー株式会社内  
    【氏名】 萩原 幸治  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区三番町 6 番地 1 7 富士電機システムズ株式会社内  
    【氏名】 山本 俊広  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区三番町 6 番地 1 7 富士電機システムズ株式会社内  
    【氏名】 矢尾 博信  
【特許出願人】  
    【識別番号】 591083244  
    【氏名又は名称】 富士電機システムズ株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100074099  
    【住所又は居所】 東京都千代田区二番町 8 番地 2 0 二番町ビル 3 F  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 大菅 義之  
    【電話番号】 03-3238-0031  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 012542  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0318994

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

伝搬時間差方式の流量計測に必要な少なくとも 1 対の電気／超音波トランスデューサと

、  
少なくとも前記 1 対の電気／超音波トランスデューサにパルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とに必要なパルス信号を与えるハードウェア手段と、

前記 1 対の電気／超音波トランスデューサを含む任意のトランスデューサから得られる受信信号からドップラ周波数を検出する検出回路と、

前記 1 対のトランスデューサにより上流から下流への超音波パルス送信で得た第 1 の受信信号と下流から上流への超音波パルス送信で得た第 2 の受信信号とを増幅し、アナログ／デジタル変換を行う変換回路と、

検出された前記ドップラ周波数からパルスドップラ方式により流量を算出し、かつ前記変換回路の出力から伝搬時間差方式により流量を算出する制御手段とを備えることにより、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とを同時並列的に行うことができることを特徴とする超音波流量計。

**【請求項 2】**

パルスドップラ方式の流量計測専用の第 2 の電気／超音波トランスデューサをさらに備え、

前記ハードウェア手段は、前記 1 対の電気／超音波トランスデューサと前記第 2 の電気／超音波トランスデューサの両方に送信パルス信号を与え、

前記検出回路は、前記第 2 の電気／超音波トランスデューサから得られる受信信号から前記ドップラ周波数を検出することを特徴とする請求項 1 記載の超音波流量計。

**【請求項 3】**

前記の少なくとも 1 対の電気／超音波トランスデューサは 1 対のみであり、

前記ハードウェア手段のパルスドップラ方式用のパルス信号出力および前記変換手段の入力と前記 1 対のみの電気／超音波トランスデューサの一方のトランスデューサとの間に挿入され、パルスドップラ方式の計測期間のみ回路を接続するスイッチ手段をさらに備え

、  
前記検出回路は、前記一方のトランスデューサから出力された超音波パルスのエコーである受信信号から前記ドップラ周波数を検出することを特徴とする請求項 1 記載の超音波流量計。

**【請求項 4】**

前記制御手段と前記ハードウェア手段とは、連携して、外部からのコマンドまたは信号に応じて、パルスドップラ方式、伝搬時間差方式、および両方式同時の流量計測モードを切り替えることを特徴とする請求項 3 記載の超音波流量計。

**【請求項 5】**

伝搬時間差方式の流量計測に必要な少なくとも 1 対の電気／超音波トランスデューサと

、  
前記 1 対の電気／超音波トランスデューサに伝搬時間差方式の流量計測に必要なパルス信号を与え、前記 1 対の電気／超音波トランスデューサの一方にパルスドップラ方式の流量計測に必要なパルス信号を生成出力するパルス生成手段と、

前記 1 対の電気／超音波トランスデューサを含む任意の 1 つのトランスデューサを用いて、パルスドップラ方式の流量計算に必要なドップラ周波数を検出する検出回路と、

以上の資源により、上流から下流への超音波パルス送信により得た第 1 の受信信号と下流から上流への超音波パルス送信により得た第 2 の受信信号との増幅およびアナログ／デジタル変換を可能とする切り替え手段と、

前記の検出されたドップラ周波数からパルスドップラ方式により流量を算出し、かつ前記アナログ／デジタル変換の結果から伝搬時間差方式により流量を算出する制御手段とを備えることにより、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とを切り替えて実施することができることを特徴とする超音波流量計。

**【請求項 6】**

前記検出回路が、その前方の段に増幅器を備え、かつ後方の段に実部データおよび虚部データをそれぞれ処理する 1 対のアナログ／デジタル変換器を備え、

前記切り替え手段が、前記 1 対のアナログ／デジタル変換器の直前に挿入され、パルスドップラ方式の計測期間のみ回路を接続し、伝搬時間差方式の計測期間は、前記増幅器の出力を前記 1 対のアナログ／デジタル変換器の一方の入力に接続する 1 対の 2 択スイッチ手段を含み、

共通端子が前記パルス生成手段の出力端子および前記検出回路の入力端子に接続され、1 対の接点が前記 1 対の電気／超音波トランスデューサにそれぞれ接続された第 2 のスイッチ手段をさらに備え、

前記切り替え手段は、前記 1 対のスイッチ手段および前記第 2 の 2 択スイッチ手段の切り替え制御を行い、パルスドップラ方式の計測期間中は、前記増幅器の入力を前記一方のトランスデューサに接続し、伝搬時間差方式の計測期間は伝搬時間差方式の計測アルゴリズムに従って第 2 のスイッチ手段を切り替えることを特徴とする請求項 5 記載の超音波流量計。

**【請求項 7】**

前記の少なくとも 1 対の電気／超音波トランスデューサは、複数対のトランスデューサであり、

第 2 のスイッチ手段は、前記複数の 2 倍の接点を有する択一スイッチであり、前記複数の 2 倍の接点は、前記複数対のトランスデューサに 1 対 1 に接続され、

前記切り替え手段は、前記複数対のトランスデューサの各対にパルスドップラ方式の計測期間と伝搬時間差方式の計測期間とを割り当て、前記各対に対して、パルスドップラ方式の計測期間中は、前記増幅器の入力が当該トランスデューサ対の一方に接続され、伝搬時間差方式の計測期間は前記増幅器と当該トランスデューサ対とが伝搬時間差方式の計測アルゴリズムに従って接続されるように第 2 のスイッチ手段を切り替えることを特徴とする請求項 6 記載の超音波流量計。

**【請求項 8】**

前記制御手段および前記切り替え手段は、連携して、外部からのコマンドまたは信号に応じて、パルスドップラ方式、伝搬時間差方式、および両方式同時の流量計測モードを切り替えることを特徴とする請求項 5 乃至 7 の何れか一項に記載の超音波流量計。

【書類名】明細書

【発明の名称】パルスドップラ方式と伝搬時間差方式の両方の流量計測が可能な超音波流量計

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、測定対象の流体に超音波を照射して流体の流量を計測する超音波流量計に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

超音波による流量計測方式としては、パルスドップラ方式と伝播時間差方式とがよく知られている。

パルスドップラ方式の流量計測は、測定対象となる流体に超音波パルスを照射し、流体中に混在する気泡などの異物によって反射された超音波エコー波の周波数が、流速に比例した大きさだけ変化するドップラシフトの原理を応用したものである。この方式は、伝播時間差方式と比較して、精度が高く高速応答が可能で、かつ耐気泡性に優れており、さらに計測線を複数設けることで偏流でも高精度な計測が可能となる特徴がある。しかし、その反面、不純物が少ない流体では計測ができなくなり、計測可能な流速範囲に制約があるという問題がある。また、パルスドップラ方式では、1つのトランスデューサで内径の測定線全体が測定可能であるが、送信パルスの残響などの影響により、トランスデューサに近接する内径から配管中心部までの計測精度が低下するため、これに対する対策として配管中心部からトランスデューサの反対側の壁までの部分の流量を計測し、これを2倍して管内全体の流量とする方法がある。しかし、この方法では、偏流の場合に、計測精度が著しく低下するという問題があった。

【0 0 0 3】

一方、伝播時間差方式は、一对の送受信一体型トランスデューサを用いて、上流側から下流側への超音波伝播時間と下流側から上流側への超音波伝播時間とを比較して、流速および流量を算出する方法である。この方式では、パルスドップラ方式と比較して、不純物の少ない液体や純水の流量を計測するのに適し、計測可能な流速範囲が広いという特徴がある。

【0 0 0 4】

従来の超音波流量計は、パルスドップラ方式か伝播時間差方式の何れか一方の方式で計測を行っていた。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

以上のように、上記2つの方式には一長一短があるので、従来のように一方の方式による超音波流量計では、計測対象の流体の速度分布や気泡量などの状況により、計測精度が低下したり、最悪の場合、測定できなくなったりすることもある。

【0 0 0 6】

したがって、本発明は、計測対象の流体の速度分布や気泡量などの状況に応じて両方式を切り替えることにより流速の広い範囲にわたり高精度の流量計測を可能とする流量計測方法および装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 7】

本発明は、一面において、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とを同時並列的に行うことができる超音波流量計を与える。本超音波流量計は、伝搬時間差方式の流量計測に必要な少なくとも1対の電気／超音波トランスデューサと、少なくとも1対の電気／超音波トランスデューサにパルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とに必要なパルス信号を与えるハードウェア手段（例えば、送受信タイミング制御部とパルス発生器からなる）と、1対の電気／超音波トランスデューサを含む任意

のトランスデューサから得られる受信信号からドップラ周波数を検出する検出回路と、1 対のトランスデューサにより上流から下流への超音波パルス送信で得た第 1 の受信信号と下流から上流への超音波パルス送信で得た第 2 の受信信号とを増幅し、アナログ／デジタル変換を行う変換回路と、検出されたドップラ周波数からパルスドップラ方式により流量を算出し、かつ変換回路の出力から伝搬時間差方式により流量を算出する制御手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0008】

第 1 の実施形態では、パルスドップラ方式の流量計測専用の第 2 の電気／超音波トランスデューサをさらに備え、ハードウェア手段は、1 対の電気／超音波トランスデューサと第 2 の電気／超音波トランスデューサの両方に送信パルス信号を与え、検出回路は、第 2 の電気／超音波トランスデューサから得られる受信信号からドップラ周波数を検出する。

#### 【0009】

第 2 の実施形態では、前記の少なくとも 1 対の電気／超音波トランスデューサは 1 対のみであり、ハードウェア手段のパルスドップラ方式用のパルス信号出力および変換手段の入力と 1 対のみの電気／超音波トランスデューサの一方のトランスデューサとの間に挿入され、パルスドップラ方式の計測期間のみ回路を接続するスイッチ手段をさらに備え、検出回路は、一方のトランスデューサから出力された超音波パルスのエコーである受信信号からドップラ周波数を検出する。

#### 【0010】

制御手段およびハードウェア手段は、連携して、外部からのコマンドまたは信号に応じて、パルスドップラ方式、伝搬時間差方式、および両方式同時の流量計測モードを切り替えてもよい。

#### 【0011】

本発明は、別の面において、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とを切り替えて実施することができる超音波流量計を与える。本超音波流量計は、伝搬時間差方式の流量計測に必要な少なくとも 1 対の電気／超音波トランスデューサと、唯一の出力端子を備え、この出力端子から、1 対の電気／超音波トランスデューサに伝搬時間差方式の流量計測に必要なパルス信号を与え、1 対の電気／超音波トランスデューサの一方にパルスドップラ方式の流量計測に必要なパルス信号を生成出力するパルス生成手段と、1 対の電気／超音波トランスデューサを含む任意の 1 つのトランスデューサを用いて、パルスドップラ方式の流量計算に必要なドップラ周波数を検出する検出回路と、以上の資源により、上流から下流への超音波パルス送信により得た第 1 の受信信号と下流から上流への超音波パルス送信により得た第 2 の受信信号との増幅およびアナログ／デジタル変換を可能とする切り替え手段（＝送受信タイミング制御部）と、検出されたドップラ周波数からパルスドップラ方式により流量を算出し、かつアナログ／デジタル変換の結果から伝搬時間差方式により流量を算出する制御手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0012】

第 3 の実施形態では、検出回路が、その前方の段に増幅器を備え、かつ後方の段に実部データおよび虚部データをそれぞれ処理する 1 対のアナログ／デジタル変換器を備え、切り替え手段が、1 対のアナログ／デジタル変換器の直前に挿入され、パルスドップラ方式の計測期間のみ回路を接続し、伝搬時間差方式の計測期間は、増幅器の出力を 1 対のアナログ／デジタル変換器の一方の入力に接続する 1 対の 2 択スイッチ手段を含み、共通端子がハードウェア手段の前記唯一の出力端子および変換手段の入力端子に接続され、1 対の接点が 1 対のみの電気／超音波トランスデューサのそれぞれ接続された第 2 のスイッチ手段をさらに備え、切り替え手段は、1 対のスイッチ手段および第 2 の 2 択スイッチ手段の切り替え制御を行い、パルスドップラ方式の計測期間中は、増幅器の入力を前記一方のトランスデューサに接続し、伝搬時間差方式の計測期間は伝搬時間差方式の計測アルゴリズムに従って第 2 のスイッチ手段を切り替える。

#### 【0013】

第 4 の実施形態では、前記の少なくとも 1 対の電気／超音波トランスデューサは、複数

対のトランスデューサであり、第2のスイッチ手段は、前記複数の2倍の接点を有する択一スイッチであり、前記複数の2倍の接点は、前記複数対のトランスデューサに1対1に接続され、切り替え手段は、前記複数対のトランスデューサの各対にパルスドップラ方式の計測期間と伝搬時間差方式の計測期間とを割り当て、各対に対して、パルスドップラ方式の計測期間中は、増幅器の入力が当該トランスデューサ対の一方に接続され、伝搬時間差方式の計測期間は増幅器と当該トランスデューサ対とが伝搬時間差方式の計測アルゴリズムに従って接続されるように第2のスイッチ手段を切り替える。

#### 【0014】

制御手段および切り替え手段は、連携して、外部からのコマンドまたは信号に応じて、パルスドップラ方式、伝搬時間差方式、および両方式同時の流量計測モードを切り替えてもよい。

#### 【発明の効果】

#### 【0015】

本発明によれば、パルスドップラ方式および伝搬時間差方式の両方式による流量計測に必要な資源を備えることにより、両方式の流量計測ができるので、流速の広い範囲にわたり高精度の流量計測が可能となる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0016】

以下、本発明の実施形態と添付図面とにより本発明を詳細に説明する。なお、複数の図面に同じ要素を示す場合には同一の参照符号を付ける。

#### 【第1の実施形態】

図1は、本発明の第1の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図である。図1において、本発明の超音波流量計1は、パルスドップラ方式の計測系(10+30)と伝搬時間差方式の計測系(11+40)とを兼ね備えることにより、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とを同時に並行して実施することが可能である。

#### 【0017】

即ち、超音波流量計1は、パルスドップラ方式の流量計測を行うために計測対象の流体を通す配管の外壁に取り付けられ超音波の送受信を行う電気/超音波トランスデューサ(以下、単に「トランスデューサ」と称する)10、伝搬時間差方式の流量計測を行うために上記の配管の上流側と下流側の対抗する外壁に取り付けられる一対のトランスデューサ11uおよび11d(一括して、単に「11」と記す)、上記のトランスデューサ10および11に供給する送信パルスのタイミングおよびトランスデューサからの受信信号の処理タイミングを制御する送受信タイミング制御部20、制御20からの送信起動信号に応じてトランスデューサ10、12への送信パルスは発生する送信パルス発生器22、パルスドップラ方式計測用のトランスデューサ10からの受信信号からドップラ周波数を検出するドップラ周波数検出部30、伝搬時間差方式計測用のトランスデューサ11からの受信信号を処理する受信信号処理部40、伝搬時間差方式の計測計測に関する送受信信号の切り替えを行うスイッチSW、およびドップラ周波数検出部30からの実部データと虚部データから流量を算出するとともに受信信号処理部40から渡されるデータからも流量を算出する演算制御部50からなる。演算制御部50は、図示しないCPU(中央情報処理装置)を含むマイクロコンピュータからなり、典型的にはROM(読み出し専用記憶装置)に格納されたプログラムの制御下で動作して超音波流量計1全体を制御する。送受信タイミング制御部20は、個別部品でも構成できるが、例えばPAL(programmable array logic)などを用いて容易に実現することができる。

#### 【0018】

ドップラ周波数検出部30は、トランスデューサ10からの信号を増幅する増幅器31、入力が増幅器31の出力に接続された直交検波器32、直交検波器32からの実部データ出力と虚部データ出力にそれぞれ接続される一対のフィルタ33Rおよび33I、ならびにフィルタ33Rおよび33Iにそれぞれ接続された一対のアナログ/デジタル(A/D



D) 変換器 34R および 34I からなる。また、受信信号処理部 40 は、増幅器 31 と同様の増幅器 31P と A/D 変換器 34P からなる。

#### 【0019】

次に、本発明の本実施形態による超音波流量計 1 の動作を簡単に説明する。まず、演算制御部 50 が流量計測開始指示 MS を送受信タイミング制御部 20 に送る。これに応じて、送受信タイミング制御部 20 は、パルスドップラ方式計測用の送信パルス TD および伝搬時間差方式計測用の第 1 の送信パルス（即ち、例えば上流のトランスデューサ 11u に与える送信パルス）TP1 を送信すべき旨の指示を送信パルス発生器 22 に与え、送信パルス発生器 22 は、即座に送信パルス TD および TP1 を発信・出力する。これにより、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測が同時に開始される。

#### 【0020】

ドップラ周波数検出部 30 と演算制御部 50 が行うパルスドップラ方式の流量算出処理は、従来の方式は勿論、今後考案される流量算出方式も含めて、如何なる流量算出方式で行ってもよい。同様に、受信信号処理部 40 および演算制御部 50 が行う伝搬時間差方式の流量算出処理は、従来の方式は勿論、今後考案される流量算出方式も含めて、如何なる流量算出方式で行ってもよい。

#### 【0021】

まず、パルスドップラ方式の流量計測では、送信パルス TD がトランスデューサ 10 に印加されると、トランスデューサ 10 から超音波信号が配管内に送出され、このエコーがトランスデューサ 10 で電気信号に変換され、これが受信信号 RD としてトランスデューサ 10 から取り出される。受信信号 RD は、ドップラ周波数検出部 30 に入力され、ドップラ周波数の検出が行われる。演算制御部 50 は、ドップラ周波数検出部 30 から受け取ったデータを基に流速分布および流量を算出する。

#### 【0022】

図 2 は、送信パルス発生器 22、トランスデューサ 11u、11d および受信信号処理部 40 が行う伝搬時間差方式の流量計測動作の例を示すフローチャートである。図 2 において、スイッチ SW の共通端子を接点 a に接続し（ステップ 102）、送信パルス発生器 22 に第 1 の送信パルス TP1 を送信させる（ステップ 104）。これにより、超音波パルスが上流側のトランスデューサ 11u から下流側のトランスデューサ 11d に向けて出力される（ステップ 106）。次に、スイッチ SW の共通端子を接点 b に接続し（ステップ 108）、トランスデューサ 11d からの受信信号 RP1 を受信信号処理部 40 にて所定の間隔で標本化し A/D 変換して、結果を演算制御部 50 に渡す（ステップ 110）。A/D 変換が終了した後（ステップ 112）、送信パルス発生器 22 に第 2 の送信パルス TP2 を送信させる（ステップ 114）。これにより、超音波パルスが下流側のトランスデューサ 11d から上流側のトランスデューサ 11u に向けて出力される（ステップ 116）。次に、再びスイッチ SW の共通端子を接点 a に接続し（ステップ 118）、トランスデューサ 11u からの受信信号 RP2 を受信信号処理部 40 にて所定の間隔で標本化し A/D 変換して、結果を演算制御部 50 に渡す（ステップ 120）。A/D 変換が終了した後（ステップ 122）、以上の処理を所定の回数だけ繰り返したか否かを判断し、所定の回数に達するまで処理を繰り返す（ステップ 124）。50 では、受信信号処理部 40 から受け取ったデータを元に流速および流量を算出する。

#### 【0023】

以上述べたように、図 1 の超音波流量計 1 は、パルスドップラ方式の計測系（10+30）と伝搬時間差方式の計測系（11+40）とを完備しているので、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とを同時に並行して実施することが可能である。

#### 【0024】

##### 〔第 2 の実施形態〕

図 3 は、本発明の第 2 の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図である。図 3 において、本実施形態の超音波流量計 2 は、パルスドップラ方式計測用のトランス

デューサ 10 が除去された代わりに、スイッチ SW1 が追加され、スイッチ SW が SW2 に置き換わり、送受信タイミング制御部が 20 から 20a に置き換わった点を除けば、図 1 の超音波流量計 1 と同じである。したがって、相違点のみを説明する。まず、スイッチ SW の代わりとなった SW2 の接点 a および b は、スイッチ SW1 の接点 a および b にもそれぞれ接続される。スイッチ SW1 の共通端子は、送信パルス発生器 22 の送信信号 TD 出力端子およびドップラ周波数検出部 30 の入力端子に接続される。スイッチ SW1 および SW2 の a 接点が上流側のトランスデューサ 11u に、スイッチ SW1 および SW2 の b 接点が下流側トランスデューサ 11d にそれぞれ接続される。

#### 【0025】

本実施形態の超音波流量計 2 では、ドップラ周波数検出部 30 と受信信号処理部 40 とを兼ね備え、1 対のトランスデューサ 11u、11d は伝搬時間差方式の計測で用いられるとともに、ドップラ方式の流量計測にも利用できるように、スイッチ SW1 による信号の切り替えが必要となる。

#### 【0026】

次に、本発明の第 2 の実施形態の超音波流量計 2 の動作を説明する。まず、演算制御部 50 が流量計測開始指示 MS を送受信タイミング制御部 20a に送る。これに応じて、送受信タイミング制御部 20a は、パルスドップラ方式と伝搬時間差方式の共用の送信パルス TD (TP1) を送信すべき旨の指示を送信パルス発生器 22 に与え、送信パルス発生器 22 は、即座に送信パルス TD 兼 TP1 を発信・出力する。これにより、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測が同時に開始される。図 4 は、本発明の第 2 の実施形態によりパルスドップラ方式および伝搬時間差方式の両方式の計測動作を同時に並行して行う際のスイッチの状態および各種信号のタイミングを示す図である。図 4 において、送受信タイミング制御部 20a は、初期設定としてスイッチ SW1 の共通端子を接点 a に接続し（以降、単に「スイッチ SW1 を a 側に切り替える」のように表現する）、スイッチ SW2 を b 側に切り替えておく。上述のように、送信パルス発生器 22 から送信信号 TD 兼 TP1 が出力されると、この信号はスイッチ SW1 の接点 a（以下、単に「SW1 a」のように記す）から上流側トランスデューサ 11u に供給される。トランスデューサ 11u から出力された超音波パルスは流体を伝搬する過程で、一部は反射されてトランスデューサ 11u に戻り、その他は下流のトランスデューサ 11d で感知される。

#### 【0027】

下流側トランスデューサ 11d で感知され変換された受信信号 RP1 は、接点 SW2 b を介してスイッチ SW2 から受信信号処理部 40 の入力端子に供給され、伝搬時間差方式の流量計測に使用される。

#### 【0028】

一方、トランスデューサ 11u に戻った超音波パルスは、電気信号に変換され受信信号 RD となり、これがスイッチ SW1 の接点 a を介してスイッチ SW1 からドップラ周波数検出部 30 の入力端子に供給され、パルスドップラ方式の流量計算に使用される。

#### 【0029】

次に、送受信タイミング制御部 20a は、スイッチ SW1 を b 側に切り替え、スイッチ SW2 を a 側に切り替える。そして、送信パルス発生器 22 にパルスドップラ式計測用の送信信号 TD（これは、伝搬時間差方式の流量計測で用いる 2 番目の送信信号 TP2 の役も果たす）を発生させる。この送信信号 TD (= TP2) は、スイッチ SW1 の接点 b を介して下流のトランスデューサ 11d に供給される。信号 TD はトランスデューサ 11d から超音波パルスとして出力される。この超音波パルスは、上流側のトランスデューサ 11u で電気信号に変換され受信信号 RP2 となる。受信信号 RP2 は、スイッチ SW2 の接点 a を介してスイッチ SW2 から受信信号処理部 40 の入力端子に供給され、前述の RP1 とともに伝搬時間差方式の流量計算に使用される。また、トランスデューサ 11d から出力された超音波パルスは、流体内の気泡などで散乱され、散乱波の一部はエコーとしてトランスデューサ 11d に戻り、送信パルス TD のエコー信号としてスイッチ SW1 の b 接点を介してドップラ周波数検出部 30 に供給される。

## 【0030】

以上の計測周期を所定の回数だけ繰り返すことにより、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測とが同時に並行して実施される。

なお、以上の説明では、1計測周期にパルスドップラ方式の計測を2回行ったが、何れか1回のみ行ってもよい。

## 【0031】

また、以上述べた両方式同時並列動作では、送信パルス生成器22の伝搬時間差方式用のパルス出力を使用しなかった。したがって、両方式を同時並列的に行う分には、送信パルス生成器22は、一種類のパルスを生成する機能があれば十分である。しかし、図3の超音波流量計で、異なる仕様の送信パルスを用いて両方式切り替えて動作させる場合を想定して、送信パルス発生器22にパルスドップラ方式の出力端子と伝搬時間差方式の出力端子を示した。

## 【0032】

## 〔第3の実施形態〕

図5は、本発明の第3の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図である。図5において、本実施形態の超音波流量計3は、スイッチSW2および受信信号処理部40が除去され、送受信タイミング制御部が20aから20bに置き換わり、送信パルス発生器が22から22aに置き換わり、さらにドップラ周波数検出部が30から30aに置き換わった点を除けば、図3の超音波流量計2と同じである。したがって、相違点のみを説明する。ドップラ周波数検出部30aは、フィルタ33RとA/D変換器34Rとの間にスイッチSW3が挿入され、フィルタ33IとA/D変換器34Iとの間にスイッチSW4が挿入されたことを除けば、ドップラ周波数検出部30と同じである。

## 【0033】

即ち、本実施形態では、ドップラ周波数検出部の増幅器およびA/D変換器が、パルスドップラ方式と伝搬時間差方式の両方に用いられる。したがって、両方式の計測信号処理を同時並行的に行うことはできないが、両方式を交互に、またはマイクロコンピュータなどの上位のシステムからの切り替え指示により、何れかの方式を選択して、流量計測を行うことが可能となる。

## 【0034】

なお、本実施形態では、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測を交互に行うので、送信パルス発生器22aは、送信信号出力端子を1つのみ有し、送信信号T<sub>m</sub> (m=D, P1またはP2)を発生・出力する。

## 【0035】

図6は、本実施形態の超音波流量計3の動作におけるスイッチSW1、SW3およびSW4の状態を示す表である。まず、パルスドップラ方式の計測の場合、スイッチSW1、SW3およびSW4をすべてa側に切り替える。これにより、トランスデューサ11u、スイッチSW1およびドップラ周波数検出部30aからなる回路は、図1のトランスデューサ10およびドップラ周波数検出部30からなる回路と同じになり、パルスドップラ方式の計測が可能であることがわかる。なお、スイッチSW3およびSW4をa側に、スイッチSW1をb側に切り替えれば、下流側のトランスデューサ11dを用いたパルスドップラ方式の計測が可能となることは、当業者には明らかである。

## 【0036】

また、伝搬時間差方式の計測の場合は、スイッチSW3およびSW4とともにb側に切り替えればよい。これにより、スイッチSW1、増幅器31、スイッチSW4およびA/D変換器34Iからなる回路は、図1のスイッチSW、増幅器31PおよびA/D変換器34Pからなる回路と同じになり、伝搬時間差方式の計測が可能であることがわかる。伝搬時間差方式の計測中、スイッチSW1に対しては、図2のスイッチSWと全く同様の切り替え制御が行われる。なお、SW3は、スイッチ機能としては不要であるが、直交検波後の正弦および余弦の成分をA/D変換器するまでの信号経路を等しくすることが望ましいため、本実施形態では図示した。

## 【0037】

## 〔第4の実施形態〕

図7は、本発明の第4の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図である。図7において、本実施形態の超音波流量計4は、送受信タイミング制御部が20bから20cに置き換わり、スイッチSW1が6接点択一SW1aに置き換わり、トランスデューサ対12および13が追加された点を除けば、図5の超音波流量計3と同じである。したがって、相違点のみを説明する。図7(C)に示すように、トランスデューサ対11, 12および13は、配管の周囲にほぼ等間隔に配置される。6接点択一スイッチSW1aは、1つの共通端子と6個の接点を有するスイッチである。6個の接点には、上流側と下流側のトランスデューサ11u、11d、12u、12d、13uおよび13dが順に接続されている。したがって、スイッチSW1aは、トランスデューサ対11, 12および13用の部分スイッチSW1-11, SW1-12およびSW1-13が一体になったものと考えことにする。例えば、部分スイッチSW1-11の上流側のトランスデューサに接続された接点をSW1-11uと表し、下流側のトランスデューサに接続された接点をSW1-11dと表す。また、説明を簡単にするため、任意のトランスデューサをT(=11, 12 or 13)であらわし、例えば、「上流側のトランスデューサTuが接続されるのは、部分スイッチSW1-Tの接点SW1-Taである」という具合に表現する。

## 【0038】

本実施形態の超音波流量計4では、トランスデューサ対11, 12および13の各について、パルスドップラ方式の計測と伝搬時間差方式の計測を行う。

図8は、本実施形態により、トランスデューサ対の1つ、例えば、T(=11, 12 or 13)に対して行われる超音波流量計4の動作における、SW3およびSW4の状態を示す表である。パルスドップラ方式の計測の場合、SW3およびSW4をともにa側に切り替え、スイッチSW1-Tを例えばSW1-Tu側に切り替える。これにより、上流側のトランスデューサTu、スイッチSW1aおよびドップラ周波数検出部30aからなる回路は、図1のトランスデューサ10およびドップラ周波数検出部30からなる回路と同じになり、パルスドップラ方式の計測が可能であることがわかる。勿論、スイッチSW1-TをSW1-Td側に切り替え下流側のトランスデューサTdを用いても、ドップラ方式の計測が可能であることは、当業者には自明である。

## 【0039】

また、伝搬時間差方式の計測の場合は、スイッチSW3およびSW4をともにb側に切り替えればよい。これにより、スイッチSW1-T、増幅器31、スイッチSW4およびA/D変換器34Iからなる回路は、図1のスイッチSW、増幅器31PおよびA/D変換器34Pからなる回路と同じになり、伝搬時間差方式の計測が可能であることがわかる。伝搬時間差方式の計測中、スイッチSW1-Tに対しては、図2のスイッチSWと全く同様の切り替え制御が行われる(ただし、接点を区別するuおよびdは、aおよびbにそれぞれ対応する)。

## 【0040】

この実施例では、トランスデューサを3対用いる例で説明したが、2対でも、4対以上でも、トランスデューサの個数と、スイッチSW1aの接点数を一致させて調節することにより、実現することができる。

## 【0041】

以上は、本発明の説明のために実施例を掲げたに過ぎない。したがって、本発明の技術思想または原理に沿って上述の実施例に種々の変更、修正または追加を行うことは、当業者には容易である。

## 【0042】

例えば、第2に実施形態においては、トランスデューサ11uを用いて各計測周期の最初の送信パルスによるエコー信号からパルスドップラ方式の計測を行ったが、トランスデューサ11dを用いて第2の送信パルスによるエコー信号からパルスドップラ方式の計測を行ってもよい。

## 【0 0 4 3】

なお、第 3 および第 4 の実施の形態では、パルスドップラ方式と伝搬時間差方式とを交互に切り替える例であったが、両方式の切り替え方法は、この他にも種々の方法が考えられる。例えば、外部（例えば、利用者または上位のシステム）からの方式切り替えコマンドまたは信号を演算制御部 5 0 a が受けられるようにし、この方式切り替えコマンドまたは信号に応じて、演算制御部 5 0 a が送受信タイミング制御部 2 0 b に方式を切り替えさせるようにしてもよい。

## 【0 0 4 4】

また、第 1 および第 2 の実施形態においては、パルスドップラ方式と伝搬時間差方式とを同時並列的に行う例を説明したが、例えば、外部（例えば、利用者または上位のシステム）からの方式切り替えコマンドまたは信号を演算制御部 5 0 が受けられるようにし、この方式切り替えコマンドまたは信号に応じて、演算制御部 5 0 a が送受信タイミング制御部にパルスドップラ方式、伝搬時間差方式、および両方式同時の流量計測モードを切り替えさせるようにしても良い。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0 0 4 5】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図である。

【図 2】送信パルス発生器 2 2、トランスデューサ 1 1 u、1 1 d および受信信号処理部 4 0 が行う伝搬時間差方式の流量計測動作の例を示すフローチャートである。

【図 3】本発明の第 2 の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態により両方式の計測動作を同時に並行して行う過程におけるスイッチの状態と信号のタイミングを示す図である。

【図 5】本発明の第 3 の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図である。

【図 6】本発明の第 3 の実施形態の超音波流量計 3 の動作におけるスイッチ S W 1、S W 3 および S W 4 の状態を示す表である。

【図 7】本発明の第 4 の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図である。

【図 8】本発明の第 4 の実施形態により、トランスデューサ対の 1 つ（例えば、T = 1 1, 1 2 or 1 3）に対して行われる超音波流量計 4 の動作における、スイッチ S W 1 a、S W 3 および S W 4 の状態を示す表である。

## 【符号の説明】

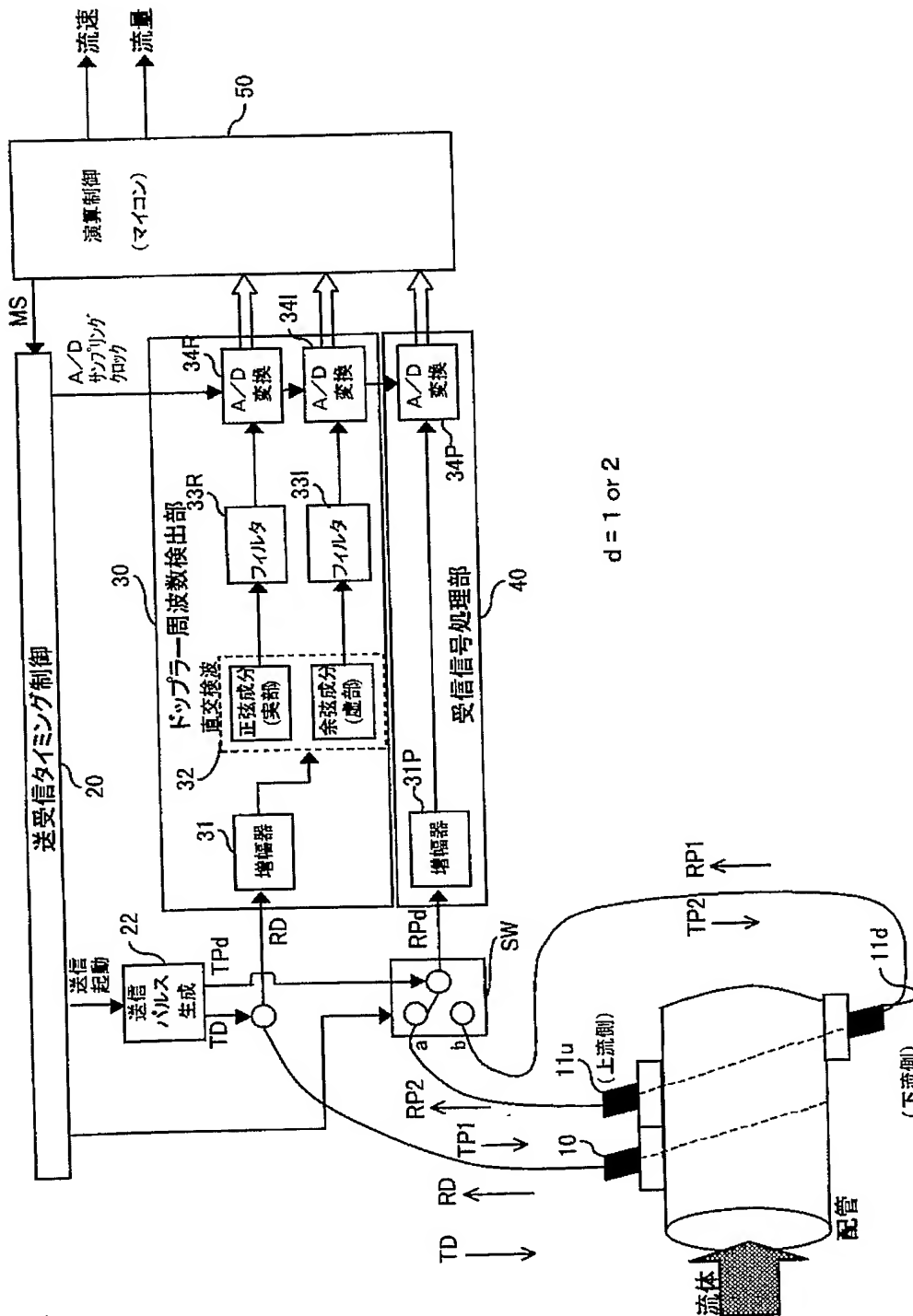
## 【0 0 4 6】

- 1 ~ 4 本発明の超音波流量計
- 1 1 ~ 1 3 電気／超音波トランスデューサ
- 2 0、2 0 a、2 0 b 送受信タイミング制御部
- 2 2、2 2 a 送信パルス発生器
- 3 0、3 0 a ドップラ周波数検出部
- 3 1 増幅器
- 3 2 直交検波器
- 3 3 フィルタ
- 3 4 A/D変換器
- 4 0 受信信号処理部
- 5 0、5 0 a 演算制御部
- S W 1 ~ S W 4 スイッチ

【書類名】 図面

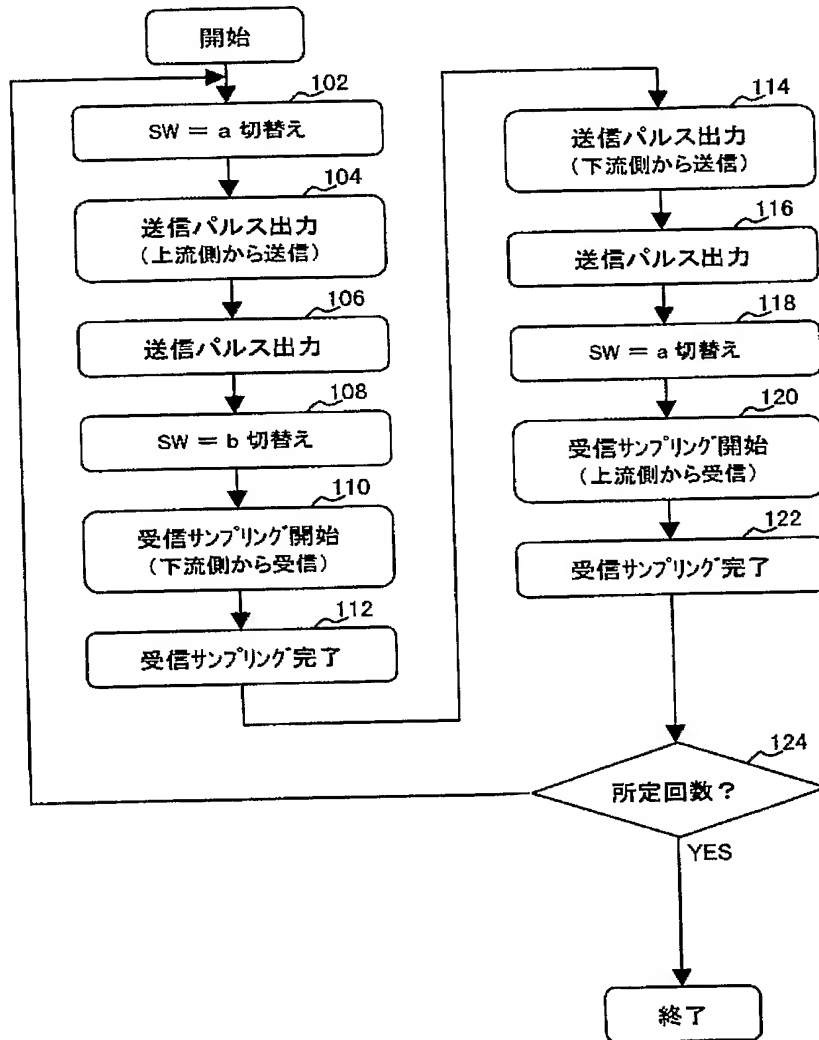
【図 1】

本発明の第1の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図



【図 2】

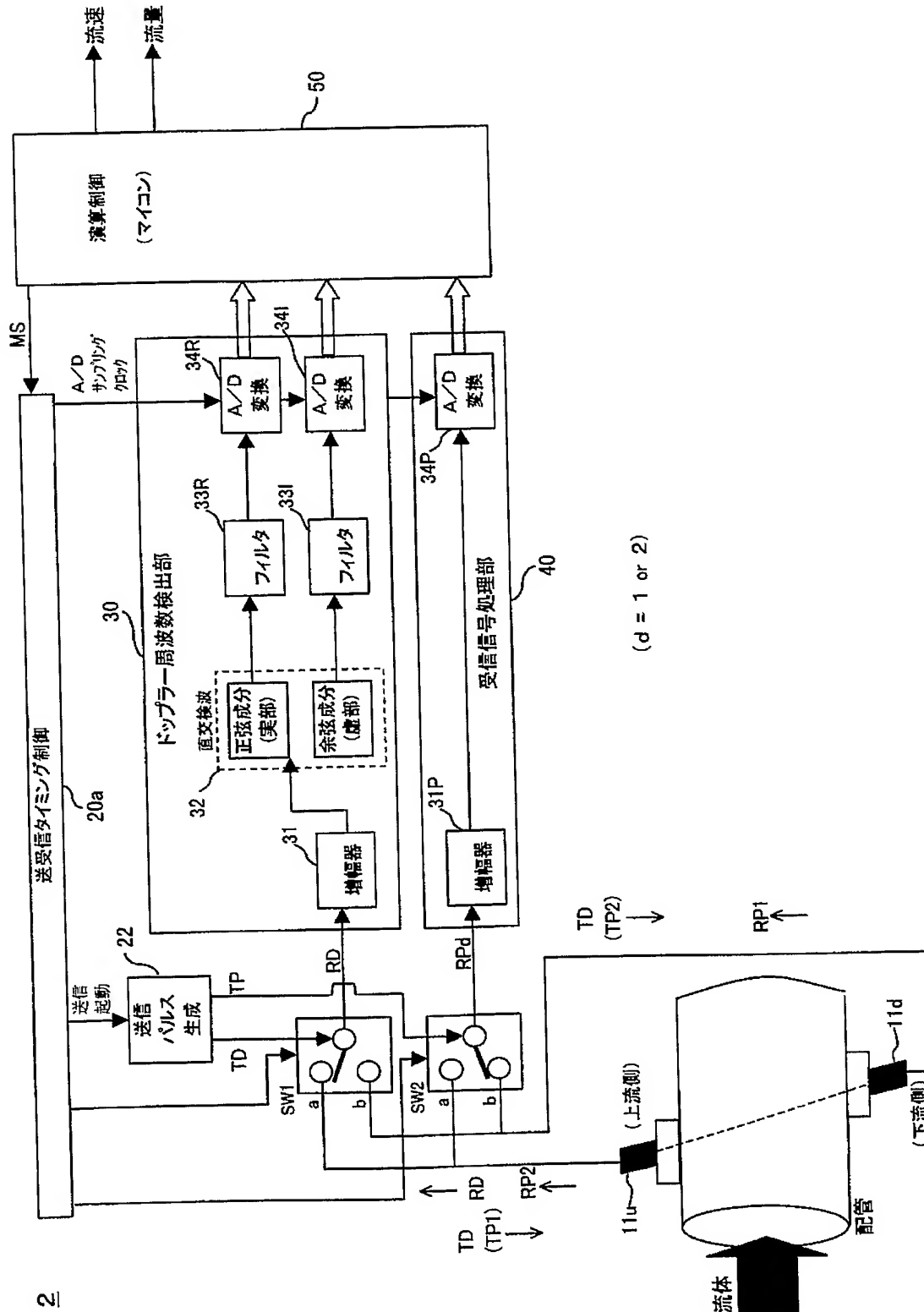
送信パルス発生器22、トランスデューサ11u、11dおよび受信信号処理部40が行う  
伝搬時間差方式の流量計測動作の例を示すフローチャート





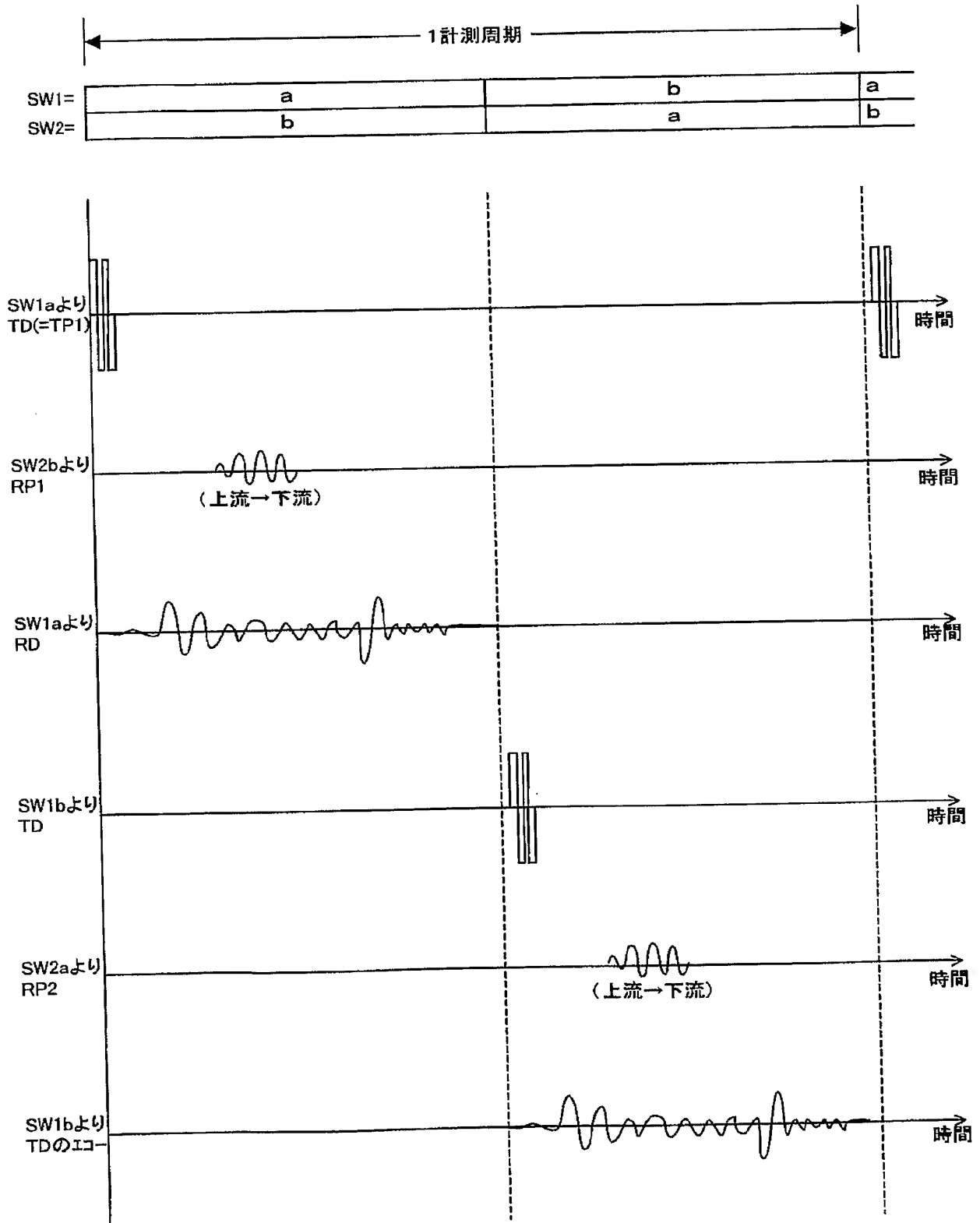
【図 3】

本発明の第2の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図



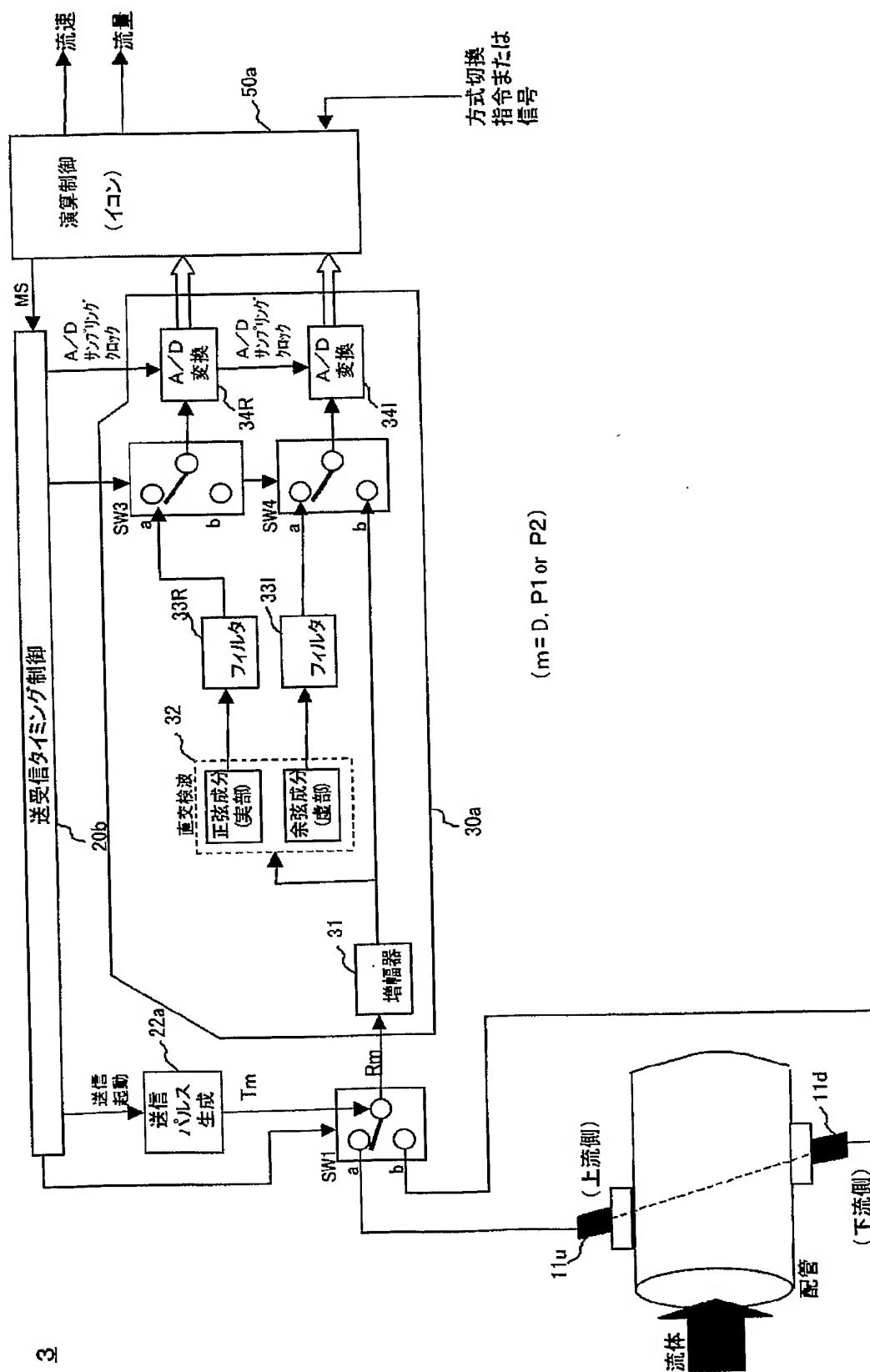
【図 4】

本発明の第2の実施形態により両方式の計測動作を同時に並行して行う過程における  
スイッチの状態と信号のタイミングを示す図



【図 5】

本発明の第3の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図



## 【図 6】

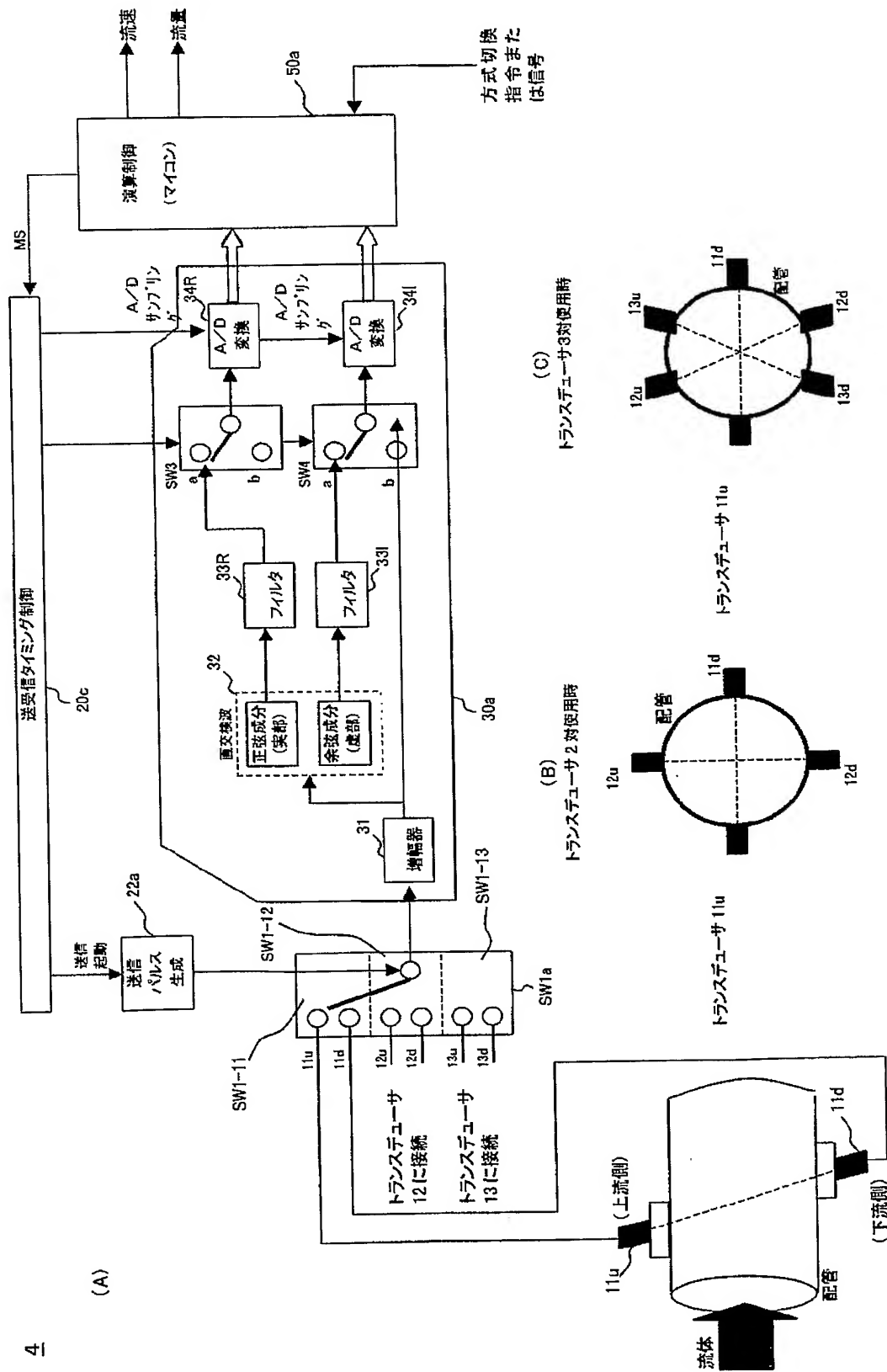
本発明の第3の実施形態の超音波流量計3の動作におけるスイッチSW1、SW3およびSW4の状態を示す表

計測動作ににおけるSW1～SW3の状態

計測方式	SW3とSW4	SW1
ドップラー方式	a	a
伝播時間差方式	b	図2のSWと同じ

【図 7】

本発明の第4の実施形態による超音波流量計の構成を示す略ブロック図



【图 8】

本発明の第4の実施形態により、トランスデューサ対の1つ(例えば、T=11, 12or13)に対して行われる超音波流量計4の動作における、スイッチSW1a、SW3およびSW4の状態を示す表

計測方式		SW3とSW4	SW1-T (T=11, 12or13)
ドップラー方式		a	SW1-Tu
伝播時間差方式	トランスジューサ 11 12 13	b	SW1-Tを図2のSWと同じに制御する。 但し、uとdは図2のaとbに対応する。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 パルスドップラ方式および伝搬時間差方式の両方式を用いることにより、流速の広い範囲にわたり高精度の流量計測を可能とする。

【解決手段】

本発明の超音波流量計は、パルスドップラ方式の流量計測と伝搬時間差方式の流量計測に必要な資源を備え、各方式に応じて回路を切り替えるスイッチ回路およびスイッチ回路の切替を適切に行う制御部を備えることにより、両方式の流量計測が可能である。各方式の流量計測に必要な資源を兼備すれば、両方式の流量計測を常時並列に可能となる（実施形態 1, 2）。パルスドップラ方式の流量計測に用いる資源の一部を利用して伝搬時間差方式の流量計測を行う場合は、両方式を切り替えて実施することになる（実施形態 3）。後者の方式では、トランスデューサの対を複数用いた実施例も開示する（実施形態 4）。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 5 5 2 5 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 5 9 1 0 8 3 2 4 4 ]

1. 変更年月日 2 0 0 1 年 7 月 5 日  
[変更理由]

名称変更  
住所変更  
住 所 東京都千代田区三番町 6 番地 1 7  
氏 名 富士電機システムズ株式会社